



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 09 JUIL. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 © W / 010801

REMISE DES PIÈCES DATE 9 JUIL 2003 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0308403 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 9 JUIL. 2003		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ARMENGAUD JEUNE CABINET LEPEUDRY 43, rue de la brèche aux Loups 75012 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) LFB 4199/3			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date _____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date _____			
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Formulation stabilisante et solubilisante pour les protéines cryoprécipitables.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		LABORATOIRE FRANCAIS DU FRACTIONNEMENT ET DES BIOTECHNOLOGIES	
Prénoms			
Forme juridique		Groupement d'intérêt public	
N° SIREN		1 8 0 0 3 6 1 4 7	
Code APE-NAF		2 4 4 C	
Domicile ou siège	Rue	3, Avenue des Tropiques ZA de Courtaboeuf	
	Code postal et ville	9 1 9 4 0 LES ULIS	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		01 69 82 70 10 N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU 9 JUIL 2003 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0308403		Réservé à l'INPI		DB 540 @ W / 010801	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)			LFB 4199/3		
6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société			ARMENGAUD JEUNE CABINET LEPEUDRY		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse	Rue	43, rue de la Brèche aux Loups			
	Code postal et ville	17 15 10 11 12 PARIS			
	Pays	FRANCE			
N° de téléphone (facultatif)			01 43 44 69 90		
N° de télécopie (facultatif)			01 43 42 04 92		
Adresse électronique (facultatif)					
7 INVENTEUR (S)					
Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques					
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)		
8 RAPPORT DE RECHERCHE					
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)					
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)			Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG <input type="text"/>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)				VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
LEPEUDRY Thérèse - n° 92-1152				L. MARIELLO	

La présente invention concerne une formulation stabilisante des protéines responsables de la coagulation et de l'hémostase issues du plasma sanguin, en général par cryoprécipitation, destinées à être soumises à une lyophilisation et permettant la remise en solution aisée des formes lyophilisées après traitement thermique d'inactivation virale. Dans le cadre de l'invention, le terme "protéine" recouvre la protéine en tant que telle et également les concentrés et les fractions, contenant une telle protéine, notamment à usage thérapeutique, seule ou en mélange avec d'autres telles protéines. Ces concentrés et fractions sont obtenus par des méthodes de fractionnement du plasma humain ou animal connues dans l'art antérieur.

L'utilisation de produits thérapeutiques issus du plasma humain, tels que les facteurs de la coagulation, à des fins thérapeutiques, notamment dans le cas de troubles hémorragiques héréditaires tels que l'hémophilie, peut être grandement compromise par le risque considérable que présente pour le patient hémophile la présence de virus dans les produits sanguins. Malgré la sélection rigoureuse de donneurs individuels, il persiste un risque de transmission de divers virus notamment ceux de l'hépatite et du SIDA et des virus inconnus à ce jour et pouvant se révéler transmissibles par les produits sanguins.

Par conséquent, la transmission virale doit être évitée par des traitements adéquats des différentes fractions purifiées issues du plasma des donneurs et destinées à un usage thérapeutique. A ce titre, diverses méthodes d'inactivation virale appliquées à diverses fractions protéiniques issues du plasma sanguin sont bien connues. On peut citer, par exemple, leurs traitements par solvant-détergent, ultrafiltration et nanofiltration, par pasteurisation ou par chauffage prolongé. Dans le cas du traitement par chauffage prolongé, celui-ci ne s'applique habituellement qu'à des fractions de protéines du plasma préalablement lyophilisées tout en nécessitant des

températures de chauffage d'au moins 70°C sur des laps de temps compris entre 50 et 100 heures pour une inactivation virale optimale. Cependant, sous de telles conditions sévères de traitement thermique, les protéines plasmatiques, fragiles et thermolabiles, subissent des dégradations, ce qui conduit à des diminutions importantes de leurs fonctions biologiques.

Afin de remédier à cet inconvénient, des excipients protecteurs et stabilisants de protéines plasmatiques sont préalablement ajoutés à des compositions protéiniques liquides avant lyophilisation afin de répondre à un double objectif conjoint. Le premier objectif répond à la nécessité d'une stabilisation d'une part des protéines considérées au cours de la lyophilisation et, d'autre part, des protéines lyophilisées lors du stockage et, le second objectif, correspond au besoin d'une protection des protéines lyophilisées au cours du traitement thermique d'inactivation virale.

Le brevet EP 0 094 611 décrit une méthode de chauffage de fractions protéiniques du plasma lyophilisées, le Facteur VIII ou IX ou le fibrinogène, consistant à soumettre le produit sec à une température de chauffage de 60°C pendant 72 à 96 heures. Ce brevet ne fait mention d'aucune composition particulière d'excipients stabilisants au cours du traitement thermique.

Le brevet canadien 1 260 389 mentionne l'incorporation d'excipients, tels que des anions non polaires de masse moléculaire supérieure à 80, des sucres, des sucres réducteurs et des acides aminés notamment, dans des compositions liquides de protéines du plasma préalablement à la lyophilisation afin de leur conférer une stabilisation au chauffage à sec pendant environ 72 heures à 68°C. Cependant, l'association de sucres réducteurs avec des acides aminés conduit à des composés de Maillard dont les propriétés ne sont pas en faveur d'une bonne innocuité des protéines traitées (activité, immunogénécité, allergies etc.). Ce

traitement nécessite d'opérer sous vide ou sous atmosphère inerte.

La plupart des excipients stabilisants peuvent se révéler protecteurs de fractions de protéines plasmatiques au cours du traitement thermique à sec de celles-ci, à des températures de l'ordre de 60°C-68°C pendant 30 à 96 heures (P. Thomas, *British Journal of Haematology*, 70, 1998, 393-395 et J.A. Levy et al., *The Lancet*, June 22, 1985, 1456-1457). Toutefois, malgré une diminution du titre viral après un tel traitement dans ces conditions, il a été démontré que des infections telles que HIV, HBV, HBC et parvovirus B19 pouvaient néanmoins être transmises (P. Thomas cité ci-dessous). Pour leur élimination efficace, il a été proposé de chauffer les fractions de protéines plasmatiques lyophilisées à des températures plus élevées. Ainsi, S.J. Skidmore et al. (*Journal of Medical Virology*, 30, 1990, 50-52) ont montré qu'un traitement thermique de concentrés de Facteur VIII et IX lyophilisés à une température de 80°C pendant 72 heures évite la transmission du virus HCV non-A et non-B. Le brevet US 5 831 027 décrit ainsi un procédé de traitement thermique d'une protéine lyophilisée issue du cryoprécipité de plasma sanguin, le fibrinogène, à une température de 80°C pendant 72 heures permettant ainsi l'obtention du fibrinogène exempt d'éventuels virus tels que ceux de HBV, HBC ou le parvovirus B19. Les excipients stabilisants ajoutés pour protéger la composition de fibrinogène à la fois au cours de la lyophilisation et pendant le traitement thermique d'inactivation virale, comprennent le saccharose et/ou un acide aminé (arginine), les sels composant le tampon Tris et le citrate de sodium. L. Wilkelman et al. (*Virus Inactivation in Plasma Products.*, *Curr.Stud Hematol Blood Transfus.*, Basel, Karger, 1989, N°56, 55-69) montrent également la nécessité d'ajout d'excipients au Facteur VIII préalablement à la lyophilisation et à un traitement thermique d'inactivation virale à 80°C pendant 72 heures. Les excipients décrits sont

: NaCl, citrate de sodium, Tris, CaCl_2 et saccharose.

Par ailleurs, étant donné que les différentes protéines issues du fractionnement du plasma, ayant subi une lyophilisation et un traitement thermique d'inactivation virale, nécessitent une reconstitution dans un milieu adéquat avant leur utilisation clinique, celle-ci doit pouvoir être facilement mise en oeuvre sur un laps de temps relativement court selon les exigences préconisées par la Phamacopée Européenne. A cet égard, des études sur la stabilité thermique du Facteur VIII dans un cryoprécipité lyophilisé (J. Margolis et al., The lancet, December 8, 1984, 1345) contenant, préalablement à la lyophilisation, un mélange d'acides aminés naturels approprié à une alimentation parentérale, la Synthamin 17% (Travenol Laboratories Ltd.), ont montré qu'un traitement à 80°C pendant 16 heures, entraînait non seulement une dégradation du Facteur VIII telle que son activité était nulle mais également une impossibilité de redissoudre le cryoprécipité après les opérations considérées. Le brevet US 5 399 670 décrit un procédé pour faciliter la solubilisation ou la reconstitution des compositions de complexe de Facteur VIII lyophilisées avec de l'eau purifiée pour injection, comprenant une étape d'ajout d'arginine à une solution de Facteur VIII préalablement à sa lyophilisation. Ce brevet ne mentionne pas de traitement thermique d'inactivation virale. Il peut également être prévu, selon ce brevet, l'ajout d'histidine et d'albumine. Les excipients stabilisants mentionnés dans le brevet US 5 831 027 cité précédemment, sont également destinés à favoriser la dissolution du fibrinogène lyophilisé dans l'eau pure, préalablement à son usage thérapeutique.

Toutefois, le choix d'une formulation stabilisante et solubilisante est dicté par la spécificité des protéines plasmatiques. Ainsi, en référence à l'article de N. Heimburger et al. (Virus Inactivation in Plasma Products., Curr Stud Hematol Blood Transfus., Basel, Karger, 1989,

N°56, 23-33), on considère habituellement qu'une formulation stabilisante et solubilisante spécifique ne peut convenir qu'à une fraction protéinique aux principes actifs donnés. Une difficulté supplémentaire apparaît dans le cas où des fractions protéiniques plus complexes sont envisagées, notamment celles où sont considérées toutes les protéines de la coagulation et de l'hémostase issues d'un fractionnement du plasma. Par ailleurs, les hydrates de carbone, notamment le saccharose, peuvent être utilisés efficacement comme excipients de stabilisation et de redissolution de fractions protéiniques du plasma, lorsqu'on se propose de lyophiliser les fractions considérées puis de les traiter par la chaleur à sec, bien qu'ayant un effet ralentisseur sur l'inactivation virale (N. Heimburger et al. cité ci-dessus). Par conséquent, les fractions protéiniques ainsi traitées peuvent ne pas être totalement exemptes de virus et leur utilisation sur le plan clinique s'en trouve restreinte. En outre, certains hydrates de carbone, comme le maltose ou le saccharose, ne peuvent être utilisés sans risques chez des sujets présentant des insuffisances rénales et/ou souffrant du diabète.

Par conséquent, compte tenu du besoin médical existant pour les protéines responsables de la coagulation et de l'hémostase, c'est-à-dire les protéines cryoprécipitables, la Demanderesse a cherché à mettre au point une formulation simple, exempte d'hydrates de carbone et de tampon Tris, compatible avec un usage thérapeutique, qui, ajoutée à des compositions liquides de protéines cryoprécipitables, confère une bonne protection de tous les principes actifs considérés pendant et après la lyophilisation de celles-ci, d'une part, et, d'autre part, contre les chocs thermiques nécessaires à la destruction des virus et, en même temps, présentant un temps de remise en solution réduit.

A cette fin, considérant que l'ajout d'arginine à des compositions liquides de protéines cryoprécipitables offre un effet protecteur pendant et après la lyophilisation de

celles-ci, tout en permettant la solubilisation de leurs formes lyophilisées mais sans assurer leur stabilité au traitement thermique d'inactivation virale, la Demanderesse a cherché différents composés, seuls ou en mélange, dont
5 l'ajout à l'arginine offrirait une protection contre la dénaturation thermique. Ainsi, à partir de considérations théoriques de l'hydrophobicité/hydrophilie des acides aminés selon Kyte et al. (J. Mol. Biol., 157, 105-132, 1982), la Demanderesse a trouvé de façon surprenante que l'addition à
10 l'arginine, acide aminé très hydrophile, d'au moins un acide aminé hydrophobe, de préférence choisi parmi les plus hydrophobes selon Kyte et al. cité ci-dessus, et de citrate trisodique permettait la stabilisation des protéines cryoprécipitables pendant et après la lyophilisation, tout
15 en améliorant de façon notable la solubilisation des formes lyophilisées après le traitement thermique d'inactivation virale.

Par conséquent, l'invention concerne une formulation stabilisante et solubilisante pour les protéines
20 cryoprécipitables destinées à être soumises à une lyophilisation et à un traitement thermique d'inactivation virale, caractérisée en ce qu'elle comprend un mélange d'arginine, d'au moins un acide aminé hydrophobe et de citrate trisodique.

25 Ainsi, la formulation stabilisante selon l'invention permet de conserver aux protéines cryoprécipitables à partir du plasma sanguin une activité biologique satisfaisante après lyophilisation et traitement thermique sévère de 80°C pendant 72 heures associée à un temps de remise en solution
30 réduit tout en préservant un caractère de limpidité à la solution du lyophilisat reconstitué. Cette formulation présente en outre l'avantage d'être simple et de pouvoir être aisément mise en oeuvre sur le plan industriel avec des gains de temps appréciables.

35 Tout acide aminé hydrophobe (selon Kyte et al. cité ci-dessus), tel que la valine et la phénylalanine, convient

dans le cadre de l'invention mais avantageusement le choix se porte sur la leucine, l'iso-leucine ou un mélange des deux.

5 La formulation stabilisante selon l'invention comprend également du citrate trisodique qui permet, d'une part, d'ajuster le pH des compositions liquides de protéines cryoprécipitables avant les traitements mentionnés ci-dessus et, d'autre part, d'accroître l'effet protecteur de celle-ci à condition d'en ajuster la concentration.

10 Enfin, la formulation peut en outre être additionnée de glycine et/ou de lysine.

Les concentrations des différents additifs envisagés pour la formulation stabilisante sont les suivantes :

- 15 - arginine, de 25 à 50 g/l et de préférence de 35 à 45 g/l (en référence au brevet US 5 399 670);
- citrate trisodique, de 0,5 à environ 12 g/l ;
- leucine, isoleucine ou leur mélange, de 5 à 15 g/l et de préférence de 9 à 11 g/l ; et
- 20 - glycine et/ou lysine, chacune de 1 à 5 g/l et de préférence chacune de 1,5 à 2,5 g/l.

La formulation stabilisante s'applique aux protéines cryoprécipitables, telles que le Facteur VIII, le Facteur von Willebrand, le Facteur XIII, le fibrinogène et la fibronectine, obtenues par des méthodes de fractionnement du plasma sanguin connues de l'homme du métier. La formulation stabilisante s'applique également aux différents concentrés de protéines semi-purifiés, obtenus par exemple par extraction/solubilisation en tampon Tris et adsorption sur gel d'alumine, tel que décrit par Wickerhauser et al. (Vox Sang., 35, 18-31, 1978). Un concentré ainsi obtenu, enrichi en facteur VIII et Facteur von Willebrand, peut être chauffé selon les conditions décrites dans le brevet EP 0 094 611.

La formulation de l'invention est également appropriée à la stabilisation et à la solubilisation des protéines purifiées ou des fractions enrichies en chacun des facteurs de la coagulation telles qu'obtenues notamment après la mise

en oeuvre de méthodes chromatographiques décrites, par exemple, dans le brevet EP 0 359 593, ayant été ensuite lyophilisées et ayant subi un traitement thermique d'inactivation virale. Par ailleurs, la formulation est
5 appropriée à la stabilisation du fibrinogène purifié obtenu à partir du plasma ou du cryoprécipité par exemple par précipitation alcoolique, tel que décrit par Kistler et al. (Vox Sang., 7, 1962, 414-424). Il convient de noter que dans le contexte de l'invention, lors de la purification du
10 fibrinogène à partir d'un cryoprécipité par toute technique de fractionnement connue de l'homme du métier, celui-ci est toujours accompagné d'une faible teneur en Facteur XIII (FXIII) non rédhibitoire pour son activité thérapeutique.

Un autre objet de l'invention concerne l'utilisation de
15 la formulation selon l'invention pour la stabilisation et la solubilisation de l'ensemble des protéines cryoprécipitables et d'au moins une protéine choisie parmi le Facteur VIII, le Facteur von Willebrand, le Facteur XIII, le fibrinogène et la fibronectine destinées à être soumises à une
20 lyophilisation et à un traitement thermique d'inactivation virale.

Un autre objet de l'invention concerne l'utilisation de la formulation selon l'invention pour la stabilisation et la solubilisation d'au moins une protéine choisie parmi le
25 Facteur VIII, le Facteur von Willebrand, le Facteur XIII, le fibrinogène et la fibronectine destinées à être soumises à une lyophilisation et à un traitement thermique d'inactivation virale

Enfin, l'invention se rapporte aux concentrés d'au moins
30 une protéine cryoprécipitable, notamment à usage thérapeutique, comprenant la formulation stabilisante selon l'invention.

Les exemples suivants illustrent l'invention sans toutefois en limiter la portée.

Exemple 1

Un cryoprécipité, constitué en grande majorité de Facteur VIII, de facteur von Willebrand, de Facteur XIII, de fibrinogène et de fibronectine, a été remis en solution dans une formulation stabilisante et solubilisante de l'invention comprenant le mélange de composés donnés au Tableau 1 (Solution A). La concentration en protéines est d'environ 15 g/l.

10 Tableau 1 : composés et leurs concentrations (Solution A)

Composés	Concentration (g/l)
Arginine	40
Iso-leucine	10
Citrate trisodique	2,5
Lysine	2
Glycine	2

Après homogénéisation du mélange, la solution ainsi obtenue est filtrée sur des filtres de 0,45 µm et 5 ml sont prélevés et placés dans un flacon. La solution subit ensuite une lyophilisation à -30°C pendant 48 heures. On procède de façon identique avec une solution de référence comprenant le même cryoprécipité que le précédent mais qui a été remis en solution dans une formulation standard comprenant un mélange respectif de Tris (2,4 g/l), de citrate trisodique (5,88 g/l) et de NaCl (1,16 g/l) (Solution B).

Après la lyophilisation, les deux lyophilisats de cryoprécipité obtenus, à savoir l'un comprenant la formulation de l'invention et l'autre la formulation standard, sont remis en solution dans 5 ml d'eau pure pour injection (respectivement dénommées Solution A' et Solution B'). On procède alors à des expérimentations destinées à apprécier l'aptitude des formulations standard et celle de l'invention à protéger ou à stabiliser l'ensemble des protéines considérées durant la lyophilisation,

conjointement à solubiliser les formes lyophilisées obtenues. A cet effet, on évalue, pour chacune des Solutions A' et B', les trois paramètres suivants : l'aspect du lyophilisat avant redissolution, le temps de redissolution du lyophilisat dans l'eau purifiée pour injection et la turbidité de la solution ainsi obtenue, conjointement aux activités et aux quantités des différentes protéines par des méthodes connues de l'homme du métier. Les différents résultats des mesures sont présentés dans le Tableau 2 dans lequel les unités de volume sont relatives à la solution du produit lyophilisé reconstitué par 5 ml d'eau purifiée pour injection.

Tableau 2

	Solution A'	Solution B'
Aspect du lyophilisat sec	jaunâtre	jaunâtre, lyophilisat rétracté
Temps de redissolution (min)	6,58	10,72
Turbidité (NTU*)	18,1	29
Fibrinogène coagulable (g/l)	12,6	14,5
Fibrinogène pondéral (g/l)	11,6	11,2
Activité en Facteur VIII (UI/ml)	6,7	6,3
Activité en Facteur von Willebrand (FvW:RCo ; UI/ml)	8,1	8,1
Activité antigène en Facteur XIII (UI/ml)	1,51	1,24
Fibronectine (mg/ml)	5,85	5,52

*NTU : Normalized Turbidity Units

Les résultats obtenus montrent tout d'abord que l'ajout d'une formulation de l'invention (Solution A) aux protéines du cryoprécipité, par rapport à la formulation standard (Solution B), permet de réduire sensiblement le temps de redissolution du lyophilisat, de l'ordre de 40%. On observe également que la formulation A donne de meilleurs résultats sur le plan de la turbidité ce qui indique une présence diminuée, par rapport à la solution B, en produits de dégradation insolubles dans l'eau. Dans les deux cas, les Solutions A et B restituent globalement les mêmes quantités et activités des protéines considérées après lyophilisation.

Exemple 2

Les deux lyophilisats de protéines du cryoprécipité précédents, à savoir l'un comprenant la formulation de l'invention et l'autre la formulation standard, sont chauffés à sec pendant 72 heures à 80°C. Le lyophilisat chauffé des protéines du cryoprécipité comprenant une formulation de l'invention (Solution A) est remis en solution dans 5 ml d'eau pure pour injection (Solution A"). On observe que le lyophilisat chauffé des protéines du cryoprécipité comprenant la formulation standard (Solution B) ne peut être remis en solution. Cette impossibilité de redissolution s'explique par la présence de protéines dénaturées par la chaleur et insolubles, ce qui démontre que la solution B ne stabilise pas les protéines au cours du traitement thermique. Comme pour l'Exemple 1, on procède toutefois aux mêmes expérimentations destinées à apprécier l'aptitude de la formulation de l'invention à stabiliser et à solubiliser conjointement l'ensemble des protéines considérées après le traitement thermique d'inactivation virale effectué sur leurs formes lyophilisées de l'Exemple 1. Les différents résultats des mesures sont présentés dans le Tableau 3 dans lequel les unités de volume sont relatives à la solution du produit lyophilisé reconstitué par 5 ml d'eau purifiée pour injection.

Tableau 3

	Solution A"
Aspect du lyophilisat sec	jaune citron
Temps de redissolution (min)	3,73
Turbidité (NTU*)	18,3
Fibrinogène coagulable (g/l)	13,3
Fibrinogène pondéral (g/l)	11,7
Activité en Facteur VIII (UI/ml)	5,6
Activité en Facteur von Willebrand (FvW:RCO ; UI/ml)	6,0
Activité antigène en Facteur XIII (UI/ml)	1,86
Fibronectine (mg/ml)	5,93

*NTU : Normalized Turbidity Units

- 5 La comparaison des résultats des mesures obtenus pour les Solutions A' et A", extraits respectivement des Tableaux 1 et 2, montre de façon surprenante que la Solution A, formulation selon l'invention, permet une réduction très importante, d'environ 50%, du temps nécessaire à la
- 10 redissolution des protéines traitées thermiquement par rapport à celui obtenu après lyophilisation, sans pertes notables de leurs fonctions biologiques.

Exemple 3

- 15 Un lot de fibrinogène, ayant été isolé et purifié à partir d'un cryoprécipité par la méthode de Kistler et al., a été mis en solution à raison de 15 g/l dans une formulation témoin constituée d'un mélange de citrate trisodique (2,5 g/l), de lysine (2 g/l) et de glycine (2

g/l) (Solution C). On obtient ainsi une solution concentrée en fibrinogène. A cette solution, on ajoute divers acides aminés afin d'étudier leur influence sur le temps de redissolution du lyophilisat de fibrinogène avant et après chauffage. Les solutions obtenues, ainsi que les concentrations en acides aminés, sont indiquées au Tableau 4.

Tableau 4

Solution	Acide aminé (g/l)
C	-
C1	C + valine (5 g/l)
C2	C + leucine (5 g/l)
C3	C + arginine (10 g/l)
C4	C + isoleucine (10 g/l)
C5	C + Isoleucine (10 g/l) + arginine (10 g/l)

10

Les différentes solutions (Solutions C à C5) sont ensuite filtrées et 10 ml de chaque solution sont soumis à une lyophilisation et au traitement thermique selon l'Exemple 1. Les lyophilisats respectifs sont repris dans 10 ml d'eau pure pour injection et on mesure le temps nécessaire pour une redissolution totale des lyophilisats. Les résultats sont présentés au Tableau 5.

15

Tableau 5

20

Solution	Temps de redissolution avant chauffage (min)	Temps de redissolution après chauffage (min)
C	32,66	61,50
C1	15,22	8,05
C2	16,3	22,93
C3	6,0	12,69
C4	11,25	10,75
C5	5,7	4,85

Les résultats montrent bien que la Solution C5 selon l'invention offre le temps de redissolution le plus court.

Afin de montrer également l'aptitude des solutions considérées à stabiliser le fibrinogène au cours de la lyophilisation et du chauffage des formes sèches, en fonction de la nature de l'acide aminé ajouté, on procède à des mesures de turbidité des solutions précédentes reconstituées. Le Tableau 6 présente les mesures de la turbidité avant chauffage des lyophilisats des Solutions C à C5, de même qu'après chauffage de celles-ci.

Tableau 6

Solution	Turbidité avant chauffage (*NTU)	Turbidité après chauffage (*NTU)	Accroissement (%)
C	24,25	34,65	42,9
C1	18,04	22,83	26,6
C2	18,48	24,68	35,6
C3	15,44	18,80	21,8
C4	13,02	16,06	23,3
C5	10,98	11,88	8,2

(*NTU) : Normalized Turbidity Units

15

Les résultats indiquent de manière indubitable qu'une formulation de l'invention (Solution C5) présente la plus faible différence de turbidité des solutions reconstituées, avant et après chauffage, ce qui se traduit par un accroissement de seulement 8,2%, par rapport à la Solution C dont l'accroissement est de 42,9%.

20

Exemple 4

Les Solutions C, C3 à C5 de l'Exemple 3, contenant un autre lot de fibrinogène, sont lyophilisées et chauffées à 80°C pendant 72 heures. Les lyophilisats correspondant sont ensuite repris dans 10 ml d'eau pure pour injection et on

25

mésure les paramètres suivants : le temps de redissolution, la quantité en multimères non solubles, la turbidité, et la filtrabilité des solutions reconstituées par des méthodes connues de l'homme du métier. En particulier, la

5 filtrabilité permet d'apprécier le degré de dénaturation d'une protéine, le fibrinogène dans le cas présent, sans toutefois définir le ou les facteur(s) de dénaturation qui peuvent être proportionnels à la quantité en particules, fibrilles ou multimères. De même, la teneur en multimères

10 est également proportionnelle au degré de dénaturation du fibrinogène et est mesurée par électrophorèse (SDS Page). L'essai de filtrabilité consiste à mesurer le volume filtré récupéré d'une solution à travers un filtre à porosité

15 suffisante pour assurer la stérilisation de la solution, soit de $0,20 \pm 0,02 \mu\text{m}$ et de 25 mm de diamètre au moyen d'une seringue contenant 10 ml de la solution à étudier. Le volume filtré récupéré traduit l'importance du colmatage du filtre par les produits de dégradation. Ainsi, plus le volume récupéré est grand, moins le fibrinogène est dégradé.

20 Les résultats des différentes mesures sont présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7

Solution	Filtrabilité (ml)	Temps de redissolution (min)	Quantité en multimères (%)	Turbidité (*NTU)
C	7	20	10	26
C3	10	20	10	21
C4	10	10	5	11
C5	10	4	< 3	11

25 (*NTU) : Normalized Turbidity Units

Les quatre paramètres analysés ci-dessus indiquent qu'une formulation de la présente invention (Solution C5)

est particulièrement adaptée à la stabilisation et à la redissolution du lyophilisat de fibrinogène chauffé. Le lyophilisat de fibrinogène reconstitué présente une filtrabilité rapportée à la surface du filtre d'environ 2 ml/cm².

Afin de démontrer les pouvoirs stabilisant et solubilisant de la Solution C5 selon l'invention vis-à-vis du fibrinogène même à des conditions sévères de traitement thermique, les Solutions C3 et C5 contenant un autre lot de fibrinogène, ont été lyophilisées et chauffées à 90°C pendant 72 heures. Hormis l'étude des quatre paramètres ci-dessus, on a procédé à des essais supplémentaires consistant à des mesures du taux de produits de dégradation du fibrinogène (PDF). Dans le cadre de cet exemple, les PDF (µg/ml) représentent des peptides de tailles diverses engendrés lors d'une dénaturation du fibrinogène. Plus cette valeur est importante, plus celui-ci apparaît dégradé et est susceptible de former par exemple des caillots. Les résultats des différentes mesures sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8

Solution	Filtrabilité (ml)	Temps de redissolution (min)	Quantité en multimètres (%)	Turbidité (*NTU	PDF (µg/ml)
C3	≤ 6	10	10	16	750 à 1250
C5	10	10	10	11	625 à 750

Les résultats ci-dessus démontrent que malgré des conditions de chauffage très sévères, la formulation selon l'invention (Solution C5) permet encore de protéger et de

solubiliser le fibrinogène après une lyophilisation et un traitement thermique de 90°C pendant 72 heures, ce qui est révélé par de bonnes valeurs des paramètres étudiés. Le lyophilisat de fibrinogène reconstitué présente également
5 une filtrabilité rapportée à la surface du filtre d'environ 2 ml/cm².

Exemple 5

Cet exemple traite de l'influence de la concentration en
10 citrate trisodique contenu dans une formulation de l'invention (Solution A) sur la stabilisation et la solubilisation d'une solution de fibrinogène destinée à être lyophilisée et chauffée à 80°C pendant 72 heures. Un lot de fibrinogène, obtenu à partir d'un cryoprécipité, a été mis
15 en solution à raison de 15 g/l et homogénéisé dans la Solution A dans laquelle on a fait ensuite varier la concentration en citrate trisodique d'une solution à l'autre. On a obtenu quatre solutions, notées respectivement Solutions A1, A2, A3 et A4, contenant respectivement 0,5
20 g/l, 1 g/l, 2 g/l et 11,2 g/l en citrate trisodique. Ces solutions sont ensuite filtrées comme précisé à l'Exemple 1 et 5 ml de chacune des solutions sont prélevés et placés dans un flacon. Les quatres solutions précédentes contenant le fibrinogène ont subi une lyophilisation et un traitement
25 thermique indiqué à l'Exemple 1. Les quatre lyophilisats de fibrinogène non chauffés d'une part, et, d'autre part, chauffés sont ensuite remis en solution dans 5 ml d'eau pure pour injection pour donner les quatre solutions A1, A2, A3 et A4 précédentes. On procède à des expérimentations
30 destinées à apprécier l'influence de la concentration en citrate trisodique de la formulation de l'invention sur l'aptitude de celle-ci à protéger le fibrinogène durant la lyophilisation et à le solubiliser après le chauffage des formes lyophilisées, ceci par rapport à ces solutions
35 n'ayant subi aucune des opérations précédentes (solutions témoins correspondantes). A cet effet, on mesure, pour

chacune des Solutions A1, A2, A3 et A4, les paramètres suivants : le temps de redissolution du lyophilisat dans l'eau pure pour injection, la turbidité de la solution ainsi obtenue, les quantités en multimères insolubles, en

5 fibrinogène pondéral et coagulant par des méthodes connues de l'homme du métier. Les différents résultats des mesures sont présentés dans le Tableau 9 dans lequel les unités de volume sont relatives à la solution du produit lyophilisé reconstitué par 5 ml d'eau purifiée pour injection.

Tableau 9

	Avant lyophilisation				Après lyophilisation				Après chauffage (80°C, 72 h)			
	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4
Quantité en multimères (%)	8,3	6,6	7,3	7,5	6,9	5,6	5,8	4,2	6,3	6,2	5,9	5,2
Turbidité *NTU	11,0	11,0	10,9	10,1	11,3	11,1	10,9	10,1	11,6	11,3	11,2	10,3
Fibrinogène coagulable (g/l)	17,3	17,2	17,3	16,3	14,9	14,3	14,6	14,2	14,9	14,9	15,2	15,2
Fibrinogène pondéral (g/l)	16,6	16,1	16,0	15,8	16,2	16,1	16,0	15,2	16,7	15,7	16,9	16,1
Temps de redissolution (min)	-	-	-	-	5,50	10,87	6,37	10,03	10,35	9,83	11,55	9,95

*NTU : Normalized Turbidity Units

Les résultats obtenus montrent que le choix d'une concentration dans la plage de valeurs de 0,5 à environ 12 g/l en citrate trisodique contenue dans une des formulations de l'invention ci-dessus non seulement permet une stabilisation satisfaisante du fibrinogène au cours de la lyophilisation et du traitement thermique, par rapport aux solutions témoins, mais permet également de conserver des temps de redissolution globalement identiques du fibrinogène lyophilisé par rapport à celui chauffé à sec.

Exemple 6

Cet exemple traite de l'influence de la concentration en citrate trisodique contenu dans une formulation selon l'invention (Solution A) sur la stabilisation du Facteur XIII contenu dans une solution de fibrinogène destinée à être lyophilisée, d'une part, et, d'autre part, chauffée à 80°C pendant 72 heures. Ces deux protéines, ayant été obtenues à partir d'un cryoprécipité, ont été mises en solution à raison de 15 g/l (fibrinogène + Facteur XIII) et homogénéisées dans deux formulations selon l'invention (Exemple 1) contenant respectivement 2,5 g/l (Solution A) et 11,2 g/l (Solution A4) de citrate trisodique. Préalablement à la lyophilisation, les Solutions A et A4 ont subi les opérations décrites dans l'Exemple 1. Les deux lyophilisats de fibrinogène et de facteur XIII, d'une part, non chauffés et, d'autre part, chauffés sont ensuite remis en solution dans 5 ml d'eau purifiée pour injection pour donner les deux solutions A et A4 précédentes. On mesure respectivement l'activité en FXIII exprimées UI/ml (d'eau purifiée pour injection) et le FXIII-antigène en UI/ml ainsi que le rapport activité en FXIII:FXIII-antigène (noté R) selon des méthodes d'analyses classiques. Les différents résultats des mesures sont présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10

	Lyophilisat non chauffé			Lyophilisat chauffé		
	Activité FXIII (UI/ml)	FXIII antigène (UI/ml)	R	Activité FXIII (UI/ml)	FXIII antigène (UI/ml)	R
Sol. A	1,5	2,25	0,60	1,3	2,8	0,46
Sol. A4	9,9	8,22	1,2	8,6	8,15	1,06

Les résultats montrent une légère baisse du rapport R pour chacun des lyophilisats lorsque ceux-ci ont été traités thermiquement, par rapport aux lyophilisats non chauffés. Par ailleurs, on note que la diminution du rapport R est moins importante lorsque la teneur en citrate est plus élevée. Ce tableau révèle en outre que lorsqu'on augmente la concentration en citrate d'une solution par rapport à une autre, en l'occurrence les Solutions A et A4, et qu'on les lyophilise, le rapport R augmente également. On observe le même phénomène lorsque les lyophilisats sont chauffés. Par conséquent, la concentration en citrate influe sur la stabilisation du FXIII ce qui est notamment démontré par les valeurs des différentes activités.

Exemple 7

Dans cet exemple, on procède à la préparation des quatre solutions selon l'Exemple 5 qui sont reconstituées après lyophilisation et traitement thermique (80°C pendant 72 heures). Le Tableau 11 qui suit présente les mesures de l'activité en FXIII exprimée UI/ml (d'eau purifiée pour injection) et de FXIII-antigène en UI/ml ainsi que le rapport activité en FXIII:FXIII-antigène (noté R) en fonction des variations des concentrations en citrate dans les solutions.

Tableau 11

Solution	Activité FXIII (UI/ml)	FXIII antigène (UI/ml)	R
A1	4,8	6,35	0,76
A2	4,7	6,38	0,74
A3	5,5	6,49	0,85
A4	6,0	5,7	1,05

5 Les résultats obtenus montrent que plus la concentration en citrate trisodique contenue dans la formulation de l'invention est grande, moins le FXIII subit de dégradations.

Revendications

1. Formulation stabilisante et solubilisante pour les protéines cryoprécipitables destinées à être soumises à une lyophilisation et à un traitement thermique d'inactivation virale, caractérisée en ce qu'elle comprend un mélange d'arginine, d'au moins un acide aminé hydrophobe et de citrate trisodique.

2. Formulation selon la revendication 1, caractérisée en ce que la concentration en arginine est comprise entre 25 et 50 g/l.

3. Formulation selon la revendication 2, caractérisée en ce que la concentration en arginine est comprise entre 35 et 45 g/l.

4. Formulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la concentration en citrate trisodique est comprise entre 0,5 et environ 12 g/l.

5. Formulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que l'acide aminé hydrophobe est la leucine, l'iso-leucine ou un mélange des deux.

6. Formulation selon la revendication 5, caractérisée en ce que la concentration en leucine, iso-leucine ou leur mélange est comprise entre 5 et 15 g/l.

7. Formulation selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisée en ce que la concentration en leucine ou l'iso-leucine ou de leur mélange est comprise entre 9 et 11 g/l.

8. Formulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre de la glycine et/ou de la lysine.

9. Formulation selon la revendication 8, caractérisée en ce que chacune des concentrations en glycine et en lysine est comprise entre 1 et 5 g/l.

10. Formulation selon la revendication 9, caractérisée en ce que chacune des concentrations en glycine et en lysine est comprise entre 1,5 et 2,5 g/l.

11. Utilisation d'une formulation selon l'une quelconque

des revendications 1 à 10, pour la stabilisation et la solubilisation de l'ensemble des protéines cryoprécipitables destinées à être soumises à une lyophilisation et à un traitement thermique d'inactivation virale.

5 12. Utilisation d'une formulation selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, pour la stabilisation et la solubilisation d'au moins une protéine choisie parmi le Facteur VIII, le Facteur von Willebrand, le Facteur XIII, le fibrinogène et la fibronectine destinée à être soumise à une
10 lyophilisation et à un traitement thermique d'inactivation virale.

13. Concentré d'au moins une protéine cryoprécipitable comprenant la formulation stabilisante selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

15 14. Concentré selon la revendication 13 destiné à un usage thérapeutique.

15. Concentré lyophilisé de fibrinogène selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'après un traitement thermique à des températures de 80°C à 90°C et
20 remise en solution, la solution obtenue présente une filtrabilité d'environ 2 ml/cm² sur un filtre à porosité de 0,20 ± 0,02 µm.

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 @ W / 270501

Vos références pour ce dossier (facultatif)		LFB 4199/3
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		03 08403
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Formulation stabilisante et solubilisante pour les protéines cryoprécipitables.		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
LABORATOIRE FRANCAIS DU FRACTIONNEMENT ET DES BIOTECHNOLOGIES 3, Avenue des Tropiques ZA de Courtaboeuf 91940 LES ULIS		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :		
1	Nom	BARDAT
	Prénoms	Annie
Adresse	Rue	3, Allée Diziaux
	Code postal et ville	9114701 LIMOURS, France
Société d'appartenance (facultatif)		
2	Nom	BEGIN
	Prénoms	Edith
Adresse	Rue	7, Résidence de Vaucouleur
	Code postal et ville	9119401 LES ULIS, France
Société d'appartenance (facultatif)		
3	Nom	
	Prénoms	
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		
PARIS le 23 janvier 2004		 LE PEUDRY Thérèse - n° 92-1152
		ARMENGAUD Jeune CABINET LEPEUDRY 43, rue de la Brèche aux loups 75012 PARIS